

Title	3相一括GISのコロナ検出試験評価
Author(s)	樋口, 武光
Citation	電気材料技術雑誌. 7 p.48-p.57
Issue Date	1998-11-20
oaire:version	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/81573
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

3相一括GISのコロナ検出試験評価

樋口 武光

関西電力㈱総合技術研究所
〒661-0974 尼崎市若王寺3丁目11-20

Detection of Internal Corona for One GIS Sheath within Three Phase Conductor by Electromagnetic Radiation Takemitsu Higuchi

Technical Research Center, The Kansai Electric Power company. Inc.
Nakouzi 3 Chome 11-20, Amagasaki, Hyogo 661-0974

Abstract

High reliability for power apparatus is more and more required as they are made in large size to expand power transmission of possible faults of the apparatuses can be previously detected and troubles may be suppressed to minimum, the reliability for power system is greatly improved. Aiming at this object we have studied the method for detecting weak abnormal corona caused by insulation deterioration by using non-touch sensors. This corona discharge is high frequency pulses and especially if it generated in a GIS tank, it becomes electromagnetic wave that causes capacity coupling and is radiated outside the tank and propagates. In order to detect degree of the abnormal conditions we tried a method for diagnosing the troubles by frequency analysis or using the corona pulses superposed on noise, and verified that this detection is sometimes possible.

キーワード：部分放電検出、ループ・アンテナ検出、電磁波に寄るコロナ検出法、GIS内コロナ検出
3相一括GIS内コロナ検出法、タンク・シース内コロナ検出、コロナからの絶縁診断

1. まえがき

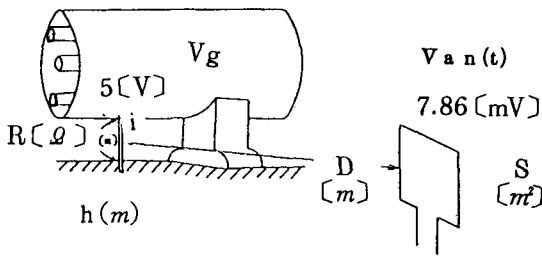
近年、縮小化に伴う経済性と高信頼性からSF₆ガス絶縁開閉装置(GIS)が多く採用されて来た。普及率の増大に伴って、故障率は非常に少なくなって来ている。しかし、万一の絶縁異常に対しても、絶縁破壊による事故に至る前に、初期の部分放電(微少コロナ)の状態を検出できることを期待して、運転中の診断法としてのコロナ検出法が各所で試験されたり、適用されたりしている。コロナ・パルスの伝播経路による空間電磁波のアンテナ検出と周波数スペクトルについては、先の第50回の「模擬GISにおけるコロナ移行と検出感度」で述べたので、ここでは、77KV 3相一括GISの一セクション

によるコロナ検出試験の概要を提出する。

本文では、理論的体系よりも実験データについて体験を加味した考案を述べるにとどまったが、懇談等で御意見を受け、絶縁診断の素養向上に努めたい。

2. コロナ検出方法

運転中診断として、コロナ・パルス波からアンテナへの電磁波誘導を、電圧波形と周波数スペクトルによって、異常の有無を判別する方法を述べる。



第1図 接地線とループ・アンテナ
Fig 1 Earth bar and loop antenna

例えば、タンク接地線の垂直長さ h [m]、これからループ・アンテナまでの距離を D [m]、ループ・アンテナの面積を S [m^2]とすると、アンテナへの磁束密度 $B(t)$ は①式となり、アンテナでの誘起電圧 $V_{an}(t)$ は②式となる。ただし、 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$, $C = 300$ [m/ μs], ν = 伝播速度[m/ μs]

$$B(t) = \frac{\mu_0 \cdot h}{2\pi \cdot D \cdot C} \cdot \frac{di(t)}{dt} + \frac{\mu_0}{2\pi \cdot D} \times \frac{h}{D} + \frac{\nu}{C} \times i(t) \dots\dots\dots ①$$

$$V_{an}(t) = 2\pi \cdot f \cdot B(t) \dots\dots\dots ②$$

この周波数は、

タンク表面の環流 i_m による f_c 、又は、接地線と大地面とタンクとのループ環流 i_ν による f_L とに大きく分けられる。

$$\text{接地線の電流 } i = V_g / R = 5 / 100 = 0.05 \text{ [A]} \\ \frac{di}{dt} \quad \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

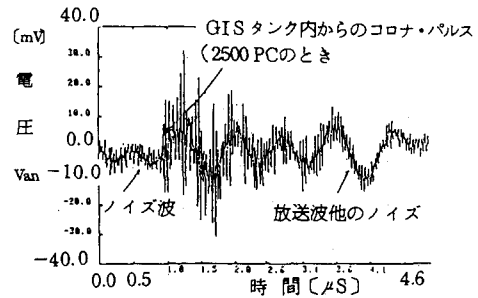
$$\text{パルス幅 } t_0 = 50 \text{ [nS]} \text{ として、} \frac{di}{dt} = \frac{\Delta i}{\Delta t} = 1 \times 10^6,$$

$h = 1$ [m], $D = 1$ [m] $S = 0.6 \times 0.6$ [m^2] のとき、アンテナ電圧 $V_{an}(t)$ の波高値は、①式からつぎのようになった。

$$V_{an}(t) = 7.86 \text{ [mV]}$$

これを周波数スペクトラム表示するとき、アンテナ入力基準値を1[V]として、③式から、その強度 V_A を[dB]表示している。

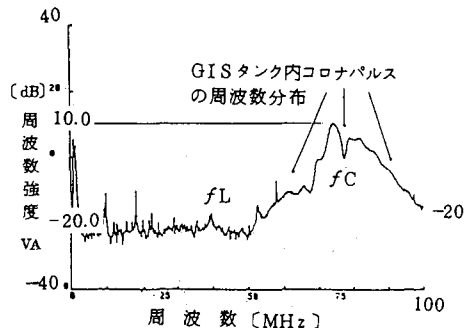
$$V_A = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{an}}{1} \right) \text{ [dB]} \dots\dots\dots ③$$



第2図 2500PC発生するとき、1m離れた点の波形（放送後、空中ノイズにコロナ・パルスが少し重畳している波形）

Fig 2 Wave form at 1m from radiation point of equal value 2500Pico coulomb

$V_{an} = 7.86$ [mV] のとき $V_A = -42$ [dB] となる。 $V_{an} = 1$ [V] のとき $V_A = 0$ [dB] である。これらは、周辺にノイズ電圧 V_N [dB] が全く無いときである。実際の変電所では、10~20[mV] ものノイズ電圧が有るときがある。



第3図 タンク内2500PCのコロナ発生時1m離れた点での周波数特性

Fig 3 Frequency domain at 1m from GIS tank with corone of 2500PC

ループ・アンテナの巻数 N と受信電圧 V および伝播距離 γ との関係は次式のようにも表される。

$$E = \frac{60 \cdot \pi \cdot I \cdot h_e}{\lambda \cdot \gamma} = \frac{120 \cdot \pi^2 \cdot I \cdot N \cdot S}{\lambda^2 \cdot \gamma} \\ = \frac{f^2 \cdot (120 \cdot \pi^2 \cdot I \cdot N \cdot S)}{(3 \times 10^2)^2 \times \gamma} = \frac{60 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot d \ell}{\lambda \cdot \gamma} \text{ [V/m]} \dots\dots\dots ④$$

$$h_e = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot N \cdot S \dots\dots\dots ⑤$$

E : γ 点の電界強度 [V/m]

he: 放射体の等価高さ[m]

λ : 波 長 [m]

N : ループ数 [回]

S : 放射体の等価断面積 [m^2]

 γ : 発生点から測定点までの距離[m] Δl : 放射体の長さ[m]

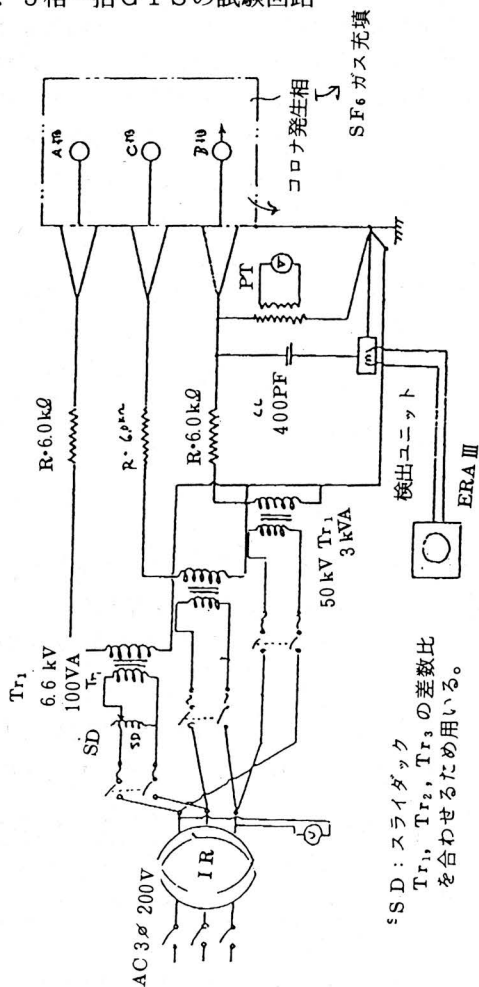
I : パルス電流 [A]

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot S \cdot E \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

V: ループ・アンテナへの受信電圧

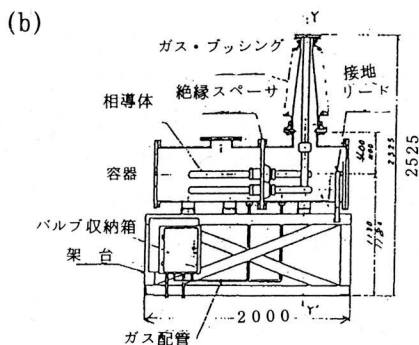
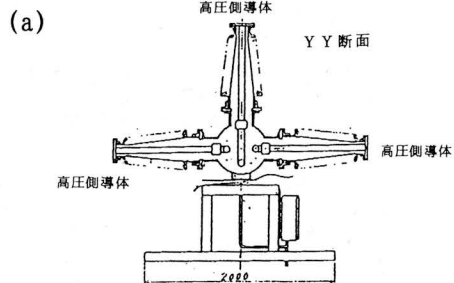
E: アンテナへの角度による最大電圧

3. 3相一括GISの試験回路



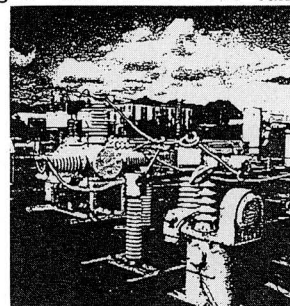
第4図 試験回路

Fig 4 Equivalent circuit for test



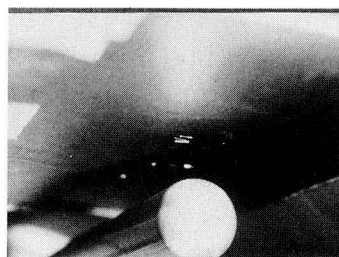
第5図 供試装置外形図

Fig 5 Out-line of GIS tank



第6図 試験状況写真

Fig 6 Landscape for test



第7図 接地側の金属片放電
(金属ゴミ・ダンシング)

Fig 7 Discharge from metallic tip of earth bar

4. 部分放電発生方法と結果のパターン

第5図に示すように、77KV 3相一括形GISの母線部を模擬した管路中に3相導体を配置し、そのうちの中相に部分放電を発生させるための

各種電極をとりつけ、電圧は3相印加できる構造とした。

部分放電を発生させるための電極形状は下記の通り。

① 高圧側突起電極

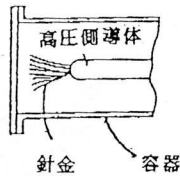
第7図のような高圧側導体の先端に針を数多く突出して部分放電を発生させる。

50～75PCであった。

② 中間電極（高圧側フロート電極）

第8図のような絶縁物の高圧側に中間電極を1本出して部分放電を発生させる。

50000～70000PCであった。



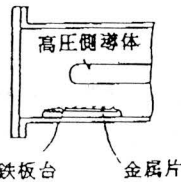
第8図導体からの放電

Fig 8 Corona from wire

③ 接地側の金属片放電（金属ゴミ・ダンシング）

第9図のように接地側鉄板台（容器に接地）の上に、金属片を数多くのせて、電圧印加によりダンシングさせて放電を発生させる。

300～500PCであった。

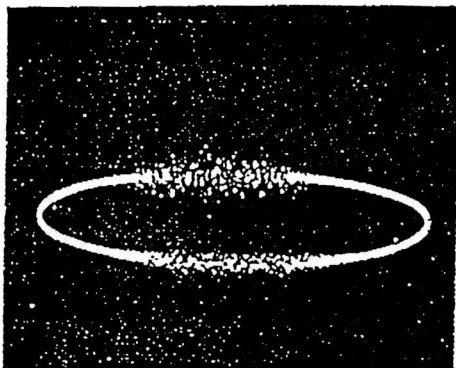


第9図金属ダストからの放電

Fig 9 Corona from metal dust

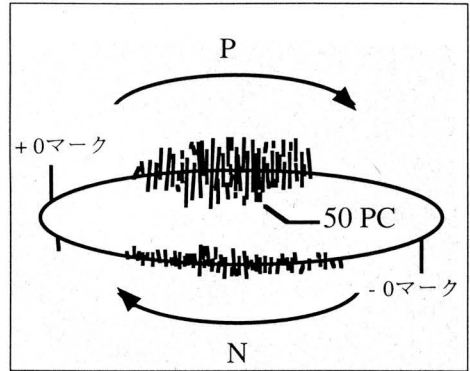
(1) 高圧側突起電極による部分放電パターン

①（主回路印加電圧 30KVの場合）



第10図 放電パターン写真

Fig 10 Corona from resurgent X-Y axis

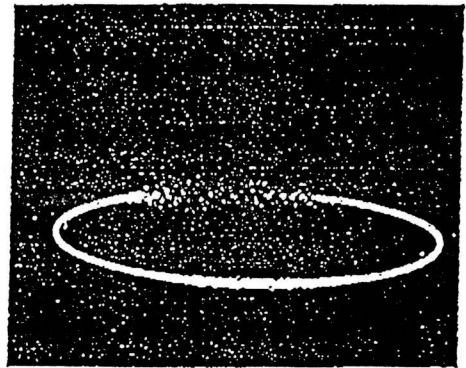


第11図 放電パターン説明図

Fig 11 Pattern of corona pulse at 50PC

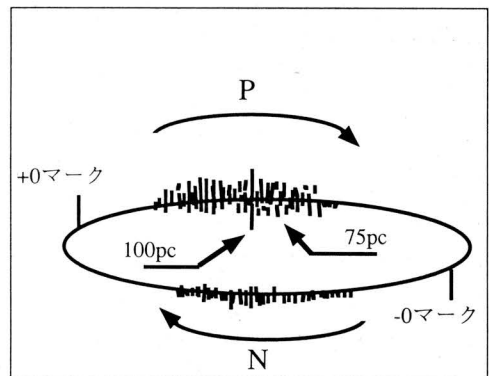
高圧側突起電極による部分放電パターン

②（主回路印加電圧 35KVの場合）



第12図 放電パターン写真

Fig 12 Corona pattern on 35KV



※100PCは散発的に発生消滅をくりかえす。

第13図 放電パターン説明図

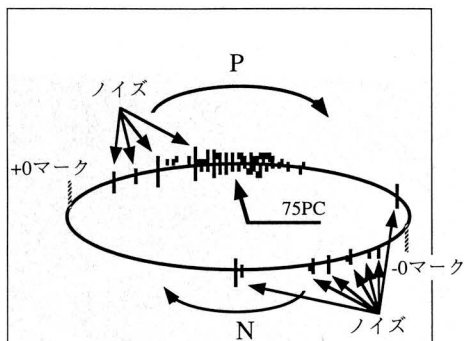
Fig 13 Pattern of corona pulse at 75PC

高圧側突起電極による部分放電(2)の時、工場内電動発電機運転により重畳されたノイズ

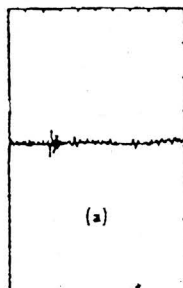
③ (主回路印加電圧 35KVの場合)



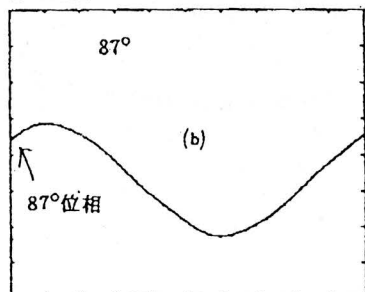
第14図 放電パターン写真
Fig 14 Corona on 35KV



第15図 放電パターン説明図
Fig 15 Pattern of corona at 75PC



75PC、交流位相 87° のとき放電パルスが1つあった。第16図(a)(b)参照。

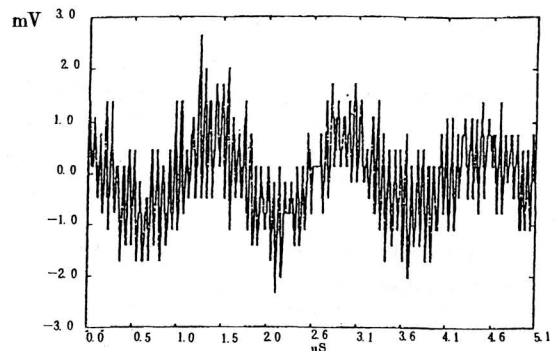


第16図 初期の微弱放電パルスは波高値付近に発生する。
Fig 16 Microscopic pulse at peak

ノイズのみ

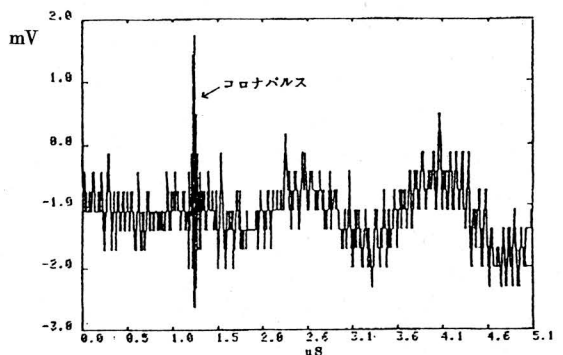
ACQUIRE CHANNEL A DATA 2/13 No.1 BGM

単発 ANT 1m

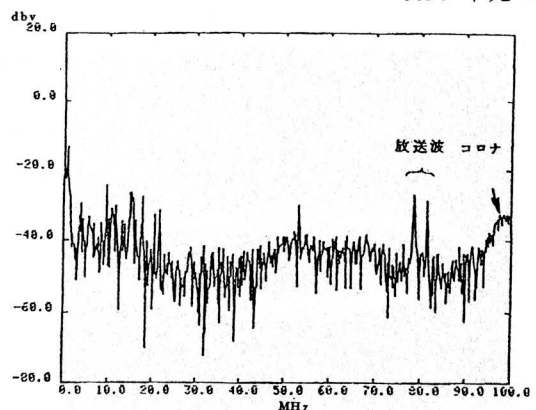


第17図 ノイズ波
Fig 17 Noise wave

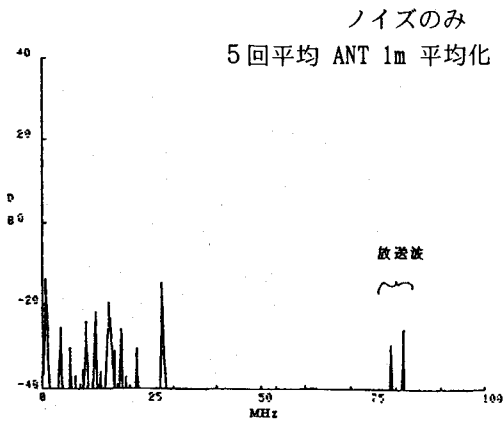
50PCのコロナ
50PC 単発 4m



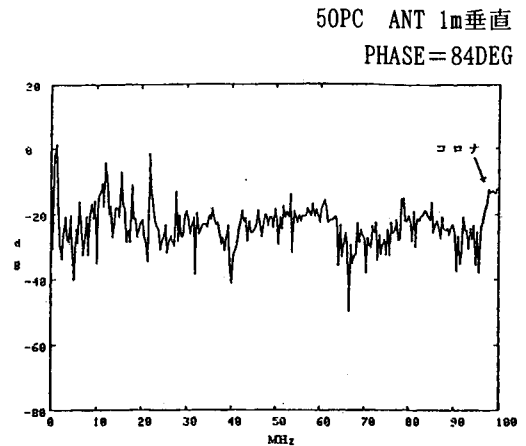
第18図 ノイズ波に重畳されたコロナパルス
Fig 18 Corona pulse at 50PC on noise wave
50PC 単発 4m



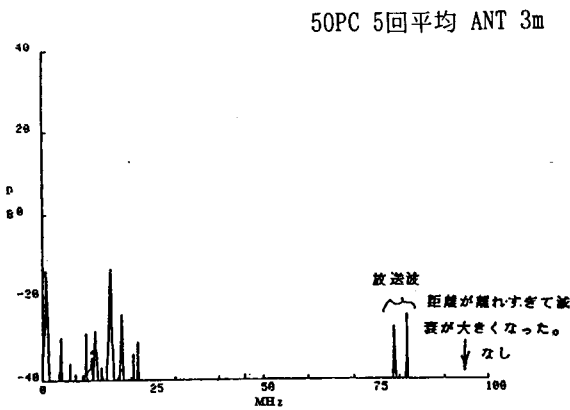
第19図 放送波とコロナスペクトル
Fig 19 Broadcast and corona by spectrum



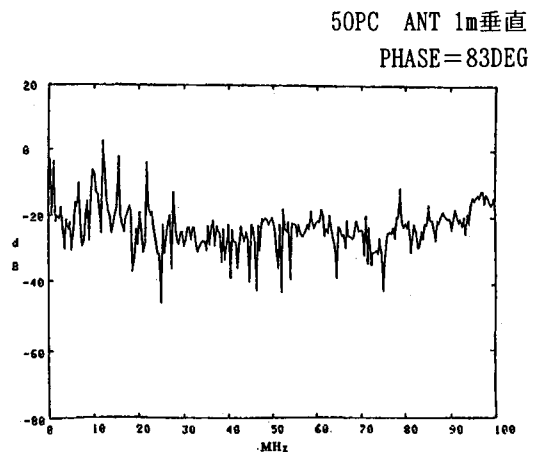
第20図 放送波のスペクトル
Fig 20 Broadcast spectrum



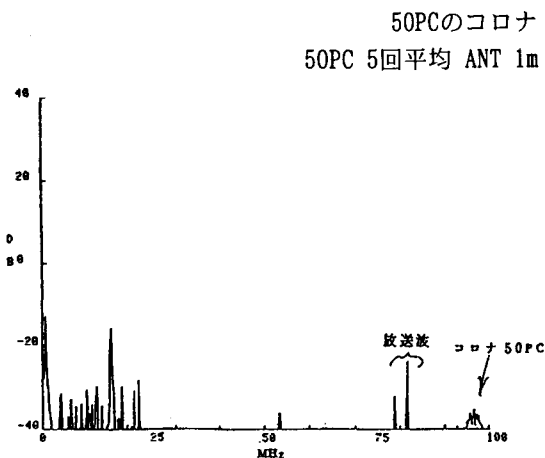
第23図 50PCの時のスペクトル
Fig 23 Spectrum on distance 1m from 50PC



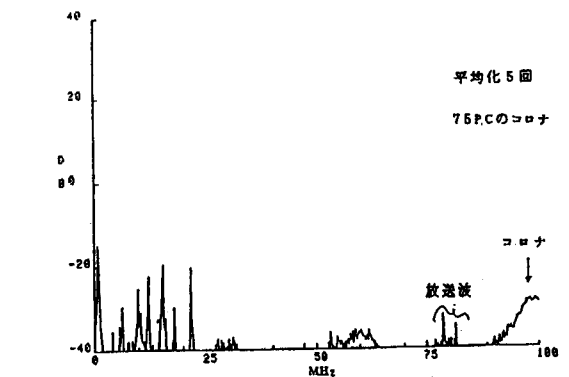
第21図 50PCのコロナ発生点から3mでのスペクトル
Fig 21 Spectrum on distance 3m from break point at 50PC



第24図 50PCから1mでのスペクトル
Fig 24 Spectrum on distance 1m from 50PC

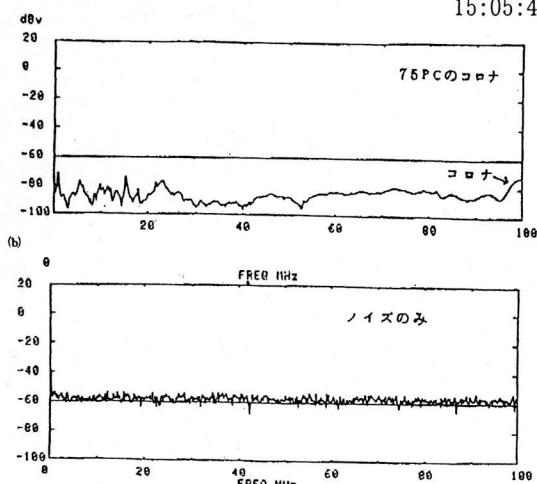


第22図 50PCのコロナ発生点から1mでのスペクトル
Fig 22 Spectrum on distance 1m from break point at 50PC



第25図 75PCのコロナ発生点から1mでのスペクトル
Fig 25 Spectrum on distance 1m from break point at 75PC by averaging 5 times

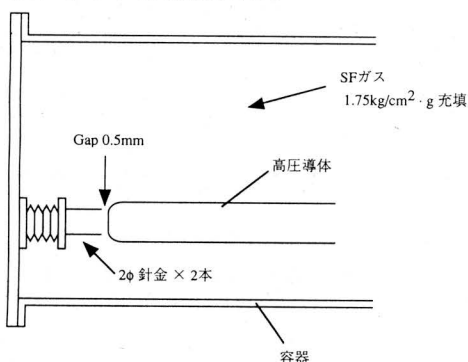
75PC 5回平均 ANT 1m垂直
AVERAGED DATA DATA & TIME = 13-FEB-85
15:05:41



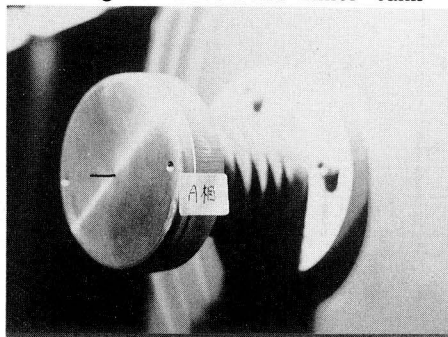
第26図 ノイズのみとコロナ発生ありとのスペクトル

Fig 26 Spectrum for noise and at 75PC

(2) 高圧側フロート電極による部分放電測定結果
電極の配置および電極写真を第27図、第28
図に示す。(供試器No. 2)



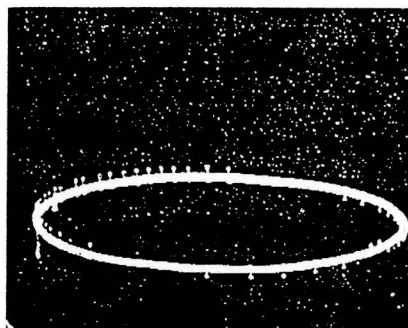
第27図 電極説明図
Fig 27 Electrode inner tank



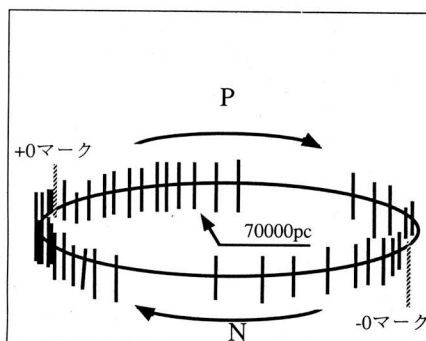
第28図 電極写真
Fig 28 Electrode

高圧フロート電極による部分放電パターン

① (主回路印加電圧 45KVの場合)



第29図 放電パターン写真
Fig 29 Corona pattern on 45KV



第30図 放電パターン説明図
Fig 30 Corona pattern on 380KV

② 隣接電気設備と課電した場合の放電パターン

高圧側フロート電極による部分放電パターンのリサージュ波形を観測しておき、約30m離れた隣接電気設備を課電(印加電圧380KV)させた。結果『リサージュ波形に変化なし』(測定感度は20PC以下)

③ 部分放電発生用電極なしの場合の部分放電測定結果(供試器No. 5)

④ 3相印加電圧と放電々荷重の測定結果

表-1

Table-1 PC and KV

印加電圧	放電々荷重	放電パターン
10KV	5PC以下	
20 //	5 //	
30 //	10 PC	
35 //	10 //	
40 //	10 //	
45 //	20 //	

- ⑥ 1相印加(他相はフロート)時の印加電圧と放電々荷重の測定結果

A 相 印 加

印加電圧 10~45KV 2PC以下

- ⑦ 2相印加(他相はフロート)時の印加電圧と放電々荷重の測定結果

A-B相印加

印加電圧 10~30KV 2PC以下

35~45KV 10~20PC

放電パターンは3相印加時と同じ。

以上の①~③については本体を接地付である。

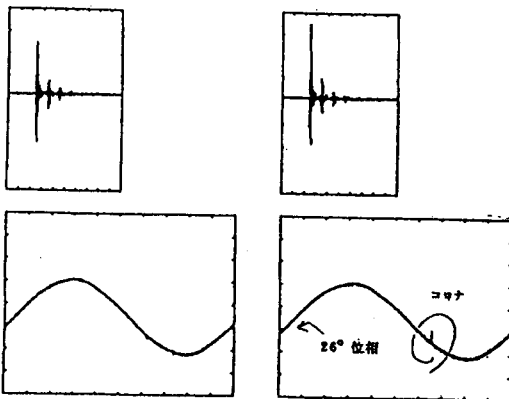
- ⑧ 本体の接地を外してフロートさせたときの3相印加電圧と放電々荷重の測定結果

表-2 各電圧によるコロナ

Table-2 PC and KV

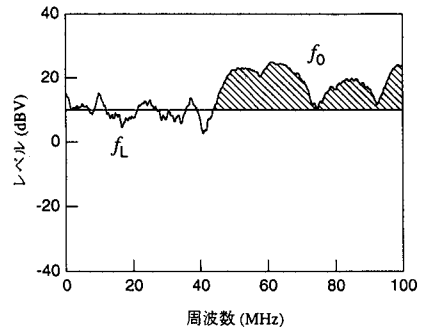
印加電圧	放電々荷重	放電パターン
10KV	4~6PC	
20 //	7 //	
30 //	7 //	
40 //	7~14 //	
45 //	70 //	

2/14NaP34-1 8KV 70×10³ PC ANT1
接地 OFF



第31図 サイン波とコロナ
Fig 31 Corona with sine wave

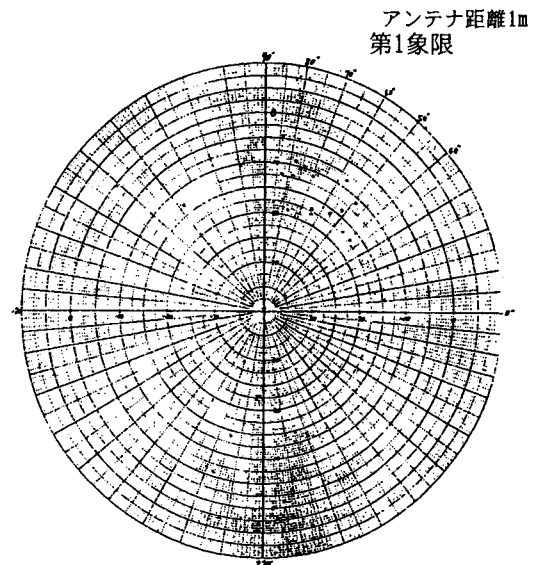
A CHANNEL AVERAGED DATA 2/14 NaF44-18KV
2/14 NaF44-1 8KV 70×10³PC ANT 1m⊗垂直
5回平均・接地OFF



第32図 70×10³PC発生時1mでのコロナ
Fig 32 Corona spectrum at 70×10³PC from 1m

(3) 突起電極によるコロナ

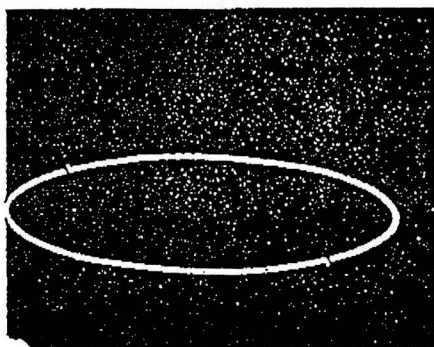
突起電極によるコロナ
〔位相角〕



第33図 極座標上でのコロナ
Fig 33 Corona by chart

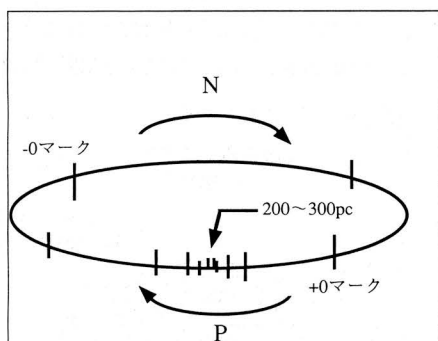
交流の波高値付近に初期放電が起り、2~3個のコロナ・パルスであるが、さらに放電が進展すると波高値付近以外のあらゆる位相角において、放電パルスが数多く出て来ることがわかる。

接地側金属片放置による部分放電パターン(主回路印加電圧35KVの場合)を示すと第34図のようになる。



第34図 放電パターン写真 ERAIII

Fig 34 Corona pattern on 35KV by metal dust



コロナ発生は約6分間で消滅した。

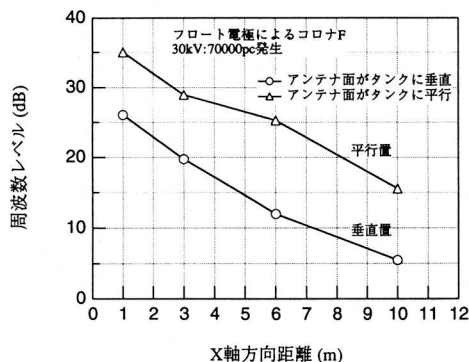
第35図 放電パターン説明図

Fig 35 Pattern of corona at 200~300PC

5. まとめと考案

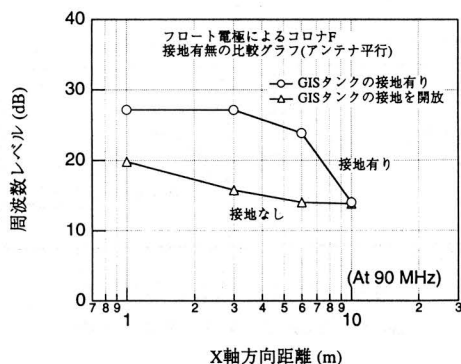
- 70000PC発生時のアンテナ位置1m点の平均は約30dBで、バックグラウンドノイズレベルは、-50dBであった。
- アンテナの指向性の測定では、タンクに平行であれば、約30dBタンクに垂直であれば約20dBと指向性があり、その差は約10dB程度である。 第36図
- タンク本体の接地の有無では、接地の有る方が高いdB値を指した。 第37図
- PHASEの測定では、全体にバラツキが有り、必ずしも90°角付近ではなかった。放電電荷量が1000PC以上になると、あらゆる位相角に広がってコロナ・パルスが発生した。
- 導電性ゴミによるコロナ(金属性ゴミダシングコロナ)の周波数帯は、90MHzで著者に見られた。 第38図
- 距離特性では、減衰特性を見せている。 第38図
- コロナ発生量は400PC程度であった。

- 故障要素別のレベルは第39図の様になり、発生量の大きいものが減衰量が小さい(距離にたいして)。
- 電荷重とレベルのグラフでは、ほぼ直線上になることがわかる。
- PHASEプログラムで測定した結果、70000PC発生すると位相が全ての象限に渡っているが、50PCの発生であれば、位相は第1象限に集中するようになった。
これから、コロナの発生量が大きくなれば充電電圧の位相に関係なくコロナが出るようになる。
- ノイズレベルを-50dBとすると、50PCの発生量であれば、約6m、400PCだと約50m、70000PCの発生であれば約400mの地点まで検出可能となる。第41図参照
- 外被電極での測定では接地系からのノイズによりコロナの判別が出来なかった。これは、接地系の不良(接地抵抗が高い)の為と考える。



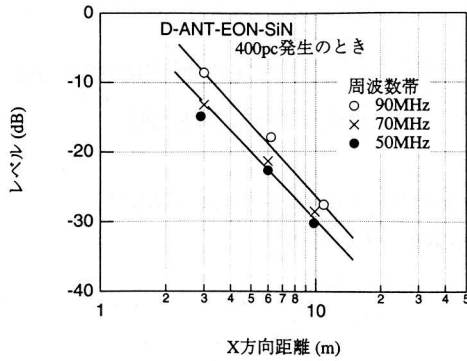
第36図 アンテナ方向と距離特性

Fig 36 Attenuation curve by distance

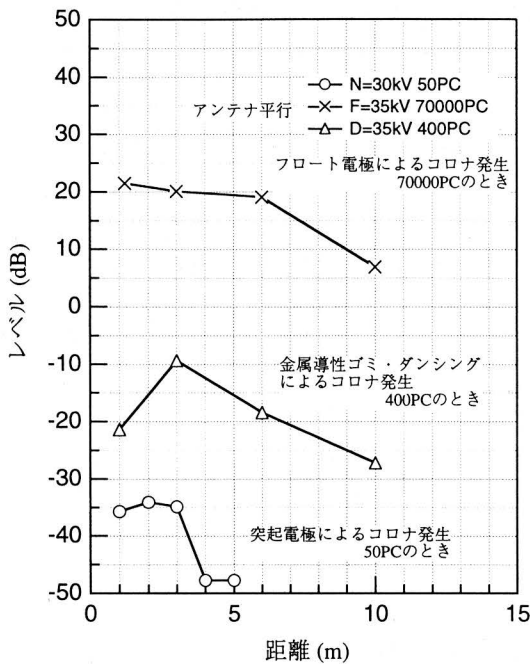


第37図 フロート電極によるコロナ (GISタンクの接地の有無)

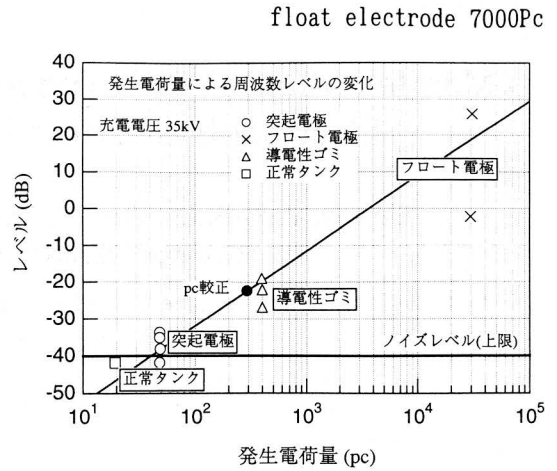
Fig 37 Corona by float electrode



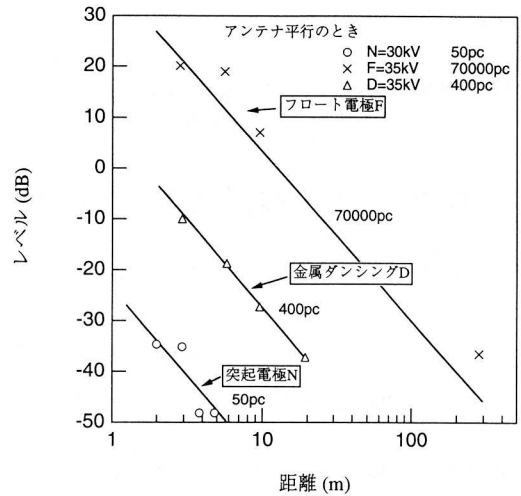
第38図 400PCのときの距離減衰
Fig 38 Attenuation at 400PC



第39図 コロナ・レベルによる距離減衰特性
Fig 39 Attenuation by distance



第40図 発生電荷量とレベル
Fig 40 Corona dB and PC



第41図 各電極条件によるコロナ発生と距離減衰
Fig 41 Corona dB and distance by electrode

(1998年10月20日受理)



樋口 武光

昭和15年5月2日生。34年淀川工高卒業。同年4月関西電力㈱へ入社。41年大阪府立工業短期大学卒業。43年大阪大学工学部電気選科生修了。入社後、主として高電圧関係の研究に従事。55年副主任研究員となり、62年制御所長として電力設備の運用、保守に従事。平成3年6月総合技術研究所主任研究員となり、高電圧関係の試験、解析の研究に従事、平成7年博士(工学)現在に至る。